

# The prevalence of approximal caries in patients after fixed orthodontic treatment and in untreated subjects

## A retrospective, cross-sectional study on bitewing radiographs

# Die Prävalenz approximaler kariöser Läsionen bei Patienten nach festsitzender kieferorthopädischer Behandlung und bei unbehandelten Probanden

## Eine retrospektive Querschnittsstudie mittels Bitewing-Röntgenbildern

Stefan Baumgartner<sup>1</sup>, Giorgio Menghini<sup>2</sup>, Thomas Imfeld<sup>2</sup>

### Abstract

**Objective.** The aim of this retrospective, cross-sectional study was to investigate the prevalence of approximal carious lesions in patients after fixed multibracket therapy and in subjects without orthodontics on bitewing radiographs.

**Material and methods.** Bitewing radiographs of 104 orthodontically treated patients with fixed multibracket appliances were compared to those of 111 untreated subjects. The individuals in both groups were between 15 and 16.25 years of age when radiographs were taken. The test group with orthodontics was recruited from the archive of the Department of Orthodontics at the University of Zürich. The untreated control group was selected randomly from 16 communities in the Canton of Zürich. The approximal surfaces of the permanent premolars and molars of all subjects were assessed by two calibrated investigators.

**Results.** The average number of enamel lesions in the test group after fixed orthodontic treatment was lower than in the control group (0.57 vs. 1.85,  $p < 0.001$ ). The same was found for dentin lesions (0.06 vs. 0.49,  $p < 0.001$ ). The distribution of lesions was similar in both groups.

**Conclusion.** Fewer approximal carious lesions were detected in the test group after fixed multibracket appliances than in the age-matched control group without orthodontic treatment.

### Keywords

Fixed orthodontic treatment · Approximal caries · Bitewing radiographs · Retrospective cross-sectional study

### Zusammenfassung

**Hintergrund und Ziel.** Das Ziel dieser retrospektiven Querschnittsstudie war es, mit Hilfe von Bissflügelaufnahmen die Prävalenz von approximalen kariösen Läsionen bei Patienten nach festsitzender kieferorthopädischer Behandlung und Patienten ohne kieferorthopädische Behandlung zu vergleichen.

**Material und Methodik.** Bitewing-Röntgenbilder von 104 mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen behandelten Patienten wurden mit denen von 111 unbehandelten Probanden verglichen. Zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen waren die Jugendlichen beider Gruppen zwischen 15 und 16,25 Jahre alt. Die kieferorthopädische Testgruppe wurde aus dem Archiv der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Zürich ausgewählt. Die unbehandelte Kontrollgruppe wurde randomisiert aus 16 Gemeinden des Kantons Zürich zusammengestellt. Die approximalen Flächen der permanenten Prämolaren und Molaren wurden durch zwei kalibrierte Untersucher beurteilt.

**Resultate.** Die durchschnittliche Anzahl der Schmelzläsionen in der Testgruppe nach festsitzender kieferorthopädischer Behandlung war niedriger als in der Kontrollgruppe (0,57 vs. 1,85,  $p < 0,001$ ). Dasselbe wurde auch für Dentinläsionen gefunden (0,06 vs. 0,49,  $p < 0,001$ ). Die Verteilung der Läsionen war in beiden Gruppen vergleichbar.

**Schlussfolgerungen.** In der Testgruppe nach Behandlung mit festsitzenden Apparaturen wurden weniger proximale kariöse Läsionen als in der gleichaltrigen Kontrollgruppe ohne Kieferorthopädie gefunden.

### Schlüsselwörter

Festsitzende kieferorthopädische Behandlung · Approximale Karies · Bissflügelaufnahmen · Retrospektive Querschnittsstudie

<sup>1</sup> Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Center for Dental Medicine, University of Zürich, Switzerland

<sup>2</sup> Preventive Dentistry and Oral Epidemiology, Department of Preventive Dentistry, Periodontology and Cariology, Center for Dental Medicine, University of Zürich, Switzerland

## Introduction

Patients undergoing orthodontic treatment with fixed multi-bracket appliances are said to face a challenging oral hygiene situation. Orthodontic bands, brackets, and wires are impediments to oral hygiene, facilitating the accumulation of plaque and leading to increased numbers of *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli* [18]. Adolescents treated with fixed orthodontic appliances are, thus, regarded as a risk group for caries [5, 26, 37]. Efficient plaque control is an important factor in the maintenance of oral health during fixed orthodontic appliance therapy [1, 21, 38].

Dental caries originates on the enamel surface when there is a shift in the equilibrium between demineralization and remineralization [39]. Demineralization is an early stage of dental caries which occurs when plaque remains on the tooth surface for a critical length of time [3, 39]. Bands and brackets encourage the retention of plaque and food remnants on tooth surfaces that otherwise have a low caries prevalence [23]. The presence of orthodontic appliances also requires more skill and effort to maintain good oral hygiene.

Two studies comparing the effect of manual and electric toothbrushes in patients undergoing fixed orthodontic appliance therapy have shown that none of the tested toothbrushes performed significantly better with regard to cleaning efficacy [27, 28]. Other studies comparing manual with electric toothbrushes in patients with fixed appliances failed to show any difference in bleeding on probing, gingival, and plaque indices [6, 11, 13, 36]. It was, therefore, recommended that orthodontists focus on enhancing their patients' dental awareness and oral hygiene along with professional prophylaxis and fluoride applications.

Anecdotal reports claim that multibracket therapy leads to the development or progression of approximal carious lesions, but this allegation has only been studied to a limited extent. Older studies on multiband appliances reported inconsistent results. Zachrisson and Zachrisson [39] demonstrated that full bands offered protection from approximal caries, whereas Shannon and Miller [30] concluded that orthodontic bands raise the caries risk significantly. Another study [14] reported that 1.8% of all initially intact surfaces in 109 children developed caries during a 2-year treatment with fixed multiband appliances. Today, except on upper and lower first molars, brackets are normally bonded instead of using bands.

To the best of our knowledge, there is no study investigating the prevalence of approximal carious lesions after fixed multi-bracket appliances. The aim of this retrospective, cross-sectional study was to compare approximal caries in patients after fixed multibracket therapy and participants without orthodontics. The null hypothesis was that there would be no difference in the prevalence of approximal lesions between the groups.

## Material and methods

This study was conducted as a retrospective cross-sectional study, investigating the prevalence of approximal carious le-

## Einführung

Es ist bekannt, dass Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen mit einer anspruchsvollen Situation bezüglich ihrer Mundhygiene konfrontiert sind. Kieferorthopädische Bänder, Brackets und Bögen erschweren die Zahnreinigung, erleichtern die Plaqueakkumulation und führen so zu einer erhöhten Zahl von *Streptococcus mutans* und *Lactobacilli* [18]. Aus diesem Grund gelten Jugendliche mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen als Risikogruppe für Karies [5, 26, 37]. Die effiziente Kontrolle der Plaque ist ein wichtiges Element zur Erhaltung der oralen Gesundheit während der kieferorthopädischen Behandlung [1, 21, 38].

Karies beginnt auf der Schmelzoberfläche bei einer Veränderung des Gleichgewichts zwischen De- und Remineralisation [39]. Demineralisation ist eine frühe Phase der Karies, die auftritt, wenn die Plaque für eine kritische Zeitdauer auf der Zahnoberfläche verbleiben kann [3, 39]. Bänder und Brackets erhöhen die Retention von Plaque und Nahrungsresten auf Zahnoberflächen, die normalerweise ein geringes Kariesrisiko aufweisen [23]. Auch erfordern kieferorthopädische Apparaturen eine bessere Geschicklichkeit und einen größeren Aufwand seitens des Patienten, um eine gute Mundhygiene beizubehalten.

Zwei Studien [27, 28] zum Effekt manueller und elektrischer Zahnbürsten bei Patienten mit festsitzenden Apparaturen zeigten, dass keine der untersuchten Zahnbürsten signifikant besser abschnitt. Andere Studien, welche ebenfalls manuelle mit elektrischen Zahnbürsten bei Patienten mit Brackets verglichen, stellten ebenfalls keine Unterschiede bezüglich Bluten auf Sondieren, Plaqueindex oder gingivaler Entzündung fest [6, 11, 13, 36]. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass Kieferorthopäden das dentale Bewusstsein und die Mundhygiene ihrer Patienten fördern sollen; dies soll mit professioneller Prophylaxe und Fluoridapplikation einhergehen.

Anekdotisch wird darüber berichtet, dass festsitzende kieferorthopädische Apparaturen zu approximaler Karies führen können oder diese rascher voranschreiten lassen. Doch diese These wurde nur zu einem geringen Ausmaß wissenschaftlich untersucht. Ältere Studien mit Multiband-Apparaturen fanden keine übereinstimmenden Resultate. Zachrisson u. Zachrisson [39] haben gezeigt, dass Bänder einen Schutz gegen Approximalkaries darstellen, Shannon u. Miller [30] dagegen, dass sie zu einem erhöhten Kariesrisiko führten. In einer anderen Studie [14] stellte sich nach einer 2-jährigen Behandlung mit festsitzenden Multibandapparaturen heraus, dass an 1,8% der initial intakten Oberflächen von 109 Kindern Karies entstand. Heute werden mit Ausnahme von oberen und unteren ersten Molaren anstelle von Bändern in der Regel Brackets geklebt.

Gemäß dem Wissensstand der Autoren gibt es keine Studie, welche die Prävalenz approximaler kariöser Läsionen nach festsitzender Multibracket-Apparaturen untersucht hat. Ziel dieser retrospektiven Querschnittsstudie war es, die Prävalenz approximaler Karies in Patienten nach festsitzender Multibracket-Apparatur mit der bei unbehandelten Probanden zu vergleichen.

sions in bitewing radiographs of an orthodontic test group and an untreated control group at one point of time. To make the two groups comparable, they were matched according to age (15–16.25 years). No new radiographs had to be taken for this survey.

The local Ethics Committee (Ethical Committee of the Canton of Zürich (KEK), Zürich, Switzerland) approved the study (Authorization number KEK-StV-Nr. 22/11). All parents or caregivers had signed approved informed consent forms.

### Test group

Bitewing radiographs were taken consecutively from the archive of individual records at the Department of Orthodontics at the University of Zürich by the first author (S.B.) according to the following inclusion criteria:

- treatment start after the year 2000 to create a homogeneous sample,
- fixed multibracket therapy in both jaws,
- no orthognathic surgery,
- no missing or supernumerary teeth,
- patients aged between 15 and 16.25 years at the end of active treatment (debonding), and
- High-quality bitewing radiographs at debonding showing all approximal areas (distal 1st premolar to mesial 2nd molar) without overlaps.

One hundred and four patients, 48 (46%) females, 56 (54%) males, were included. All patients had been treated with maxillary and mandibular fixed edgewise appliances by postgraduate students of the Department of Orthodontics, University of Zürich, Switzerland. Either a Standard Edgewise appliance or a pre-adjusted Edgewise appliance was used, both using mesh-based stainless-steel orthodontic brackets with 0.018×0.025-in attachment slots. They were bonded to all teeth in both dental arches, except for the maxillary first molars (which were banded in more than 90% of the cases). At the beginning of fixed orthodontics, all patients were given a toothbrush, plaque-revealing tablets, fluoride toothpaste, and a fluoride mouthwash. They also received oral hygiene instructions. No advice on interdental hygiene was given. No restorative treatment (fillings) was undertaken during orthodontic treatment. At the time of debonding, final records including bitewing radiographs were made.

Average age at the beginning of active treatment (at the time of bracket bonding) was 13.53 years ( $SD \pm 0.73$ ). Average age at the end was 15.55 years ( $SD \pm 0.39$ ). Treatment without extractions was performed in 69 patients (66.3%), whereas four premolars were extracted in 35 patients (33.7%) for orthodontic reasons.

All radiographs of the test group's patients were taken between 2002 and 2010 under standardized conditions using a Kwik-Bite (Indusbello, Londrina, Brazil) film holder with a 33.3-cm film—source distance and Kodak INSIGHT films (Speed F, 30.5×40.5 mm, Carestream Health, Rochester, NY, USA). These conventional radiographs were analyzed by the second author (G.M.).

Die Nullhypothese war, dass es keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen gibt.

### Material und Methoden

Diese Studie wurde als retrospektive Querschnittstudie konzipiert. Ziel war dabei, die Prävalenz approximaler kariöser Läsionen an einem bestimmten Zeitpunkt in einer kieferorthopädischen Testgruppe und einer unbehandelten Kontrollgruppe anhand von Bitewing-Röntgenbildern zu untersuchen. Um zwei vergleichbare Gruppen zu generieren, wurden sie bezüglich des Alters (zwischen 15 und 16,25 Jahren) angeglichen. Keine neuen Röntgenbilder mussten für diese Untersuchung angefertigt werden.

Die örtliche Ethikkommission [Kantonale Ethikkommission des Kantons Zürich (KEK), Zürich, Schweiz] hatte die Studie bewilligt (Bewilligungs-Nr. KEK-StV-Nr. 22/11). Alle Eltern hatten eine Einverständniserklärung unterschrieben.

### Testgruppe

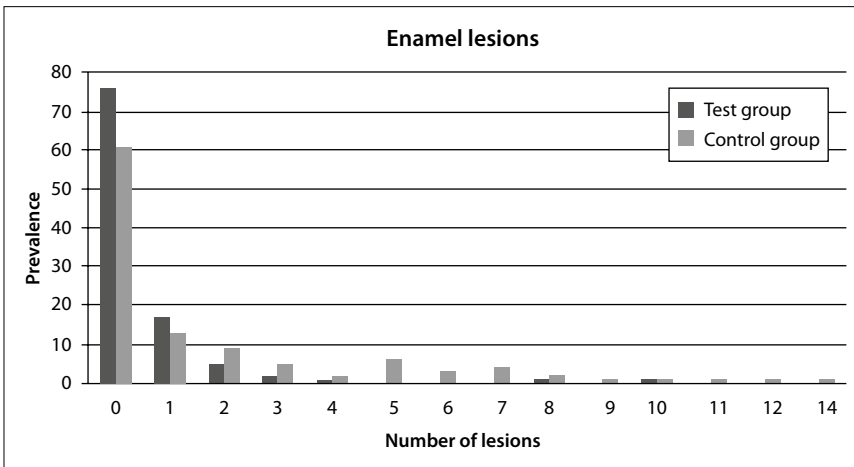
Bitewing-Röntgenbilder wurden vom Erstautor (S.B.) konsekutiv aus dem Archiv der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Zürich ausgewählt. Einschlusskriterien waren:

- Behandlungsstart nach dem Jahr 2000 zur Generierung einer homogenen Gruppe,
- festsitzende Multibracket-Apparatur in beiden Kiefern,
- keine orthognathe Kieferchirurgie,
- keine fehlenden oder überzähligen Zähne,
- Alter bei Abschluss der aktiven Behandlung (Debonding) zwischen 15 und 16,25 Jahren sowie
- gute Qualität der Bitewing-Röntgenbilder, d. h. gute Sichtbarkeit aller Approximalflächen zwischen dem ersten Prämolaren und dem zweiten Molaren ohne Überlappungen.

104 Patienten, 48 (46%) weiblich, 56 (54%) männlich, wurden einbezogen. All diese Patienten wurden von Weiterbildungsassistenten der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Zürich, Schweiz mit festsitzenden Edgewise-Apparaturen in beiden Kiefern behandelt. Dabei wurde entweder eine Standard Edgewise-Apparatur oder ein voreingestelltes Edgewise-System verwendet. Bei beiden Systemen wurden Brackets aus rostfreiem Stahl mit einer vernetzten Basis und einem 0,18×0,25 in Attachment-Slot verwendet. Diese wurden auf alle Zähne, mit Ausnahme der oberen ersten Molaren geklebt. Diese oberen ersten Molaren wurden in über 90% der Fälle gebändert. Zu Beginn der festsitzenden Behandlung wurden allen Patienten eine Zahnbürste, Plaqueanfärbetabletten, eine fluoridhaltige Zahnpaste und eine fluoridhaltige Mundspüllösung abgegeben. Des Weiteren wurde eine Mundhygieneinstruktion durchgeführt, nicht aber eine Interdentalreinigung. Während der aktiven kieferorthopädischen Behandlung wurde keine restaurative Therapie (Füllungen) durchgeführt. Am Tag des Debondings wurden Schlussunterlagen einschließlich Bitewing-Röntgenbilder angefertigt.

**Table 1.** Caries prevalence on approximal surfaces of premolars and molars in the test and control group**Tabelle 1.** Kariesprävalenz an Approximalfächchen von Prämolaren und Molaren in der Test- und Kontrollgruppe

		n	Minimum	Maximum	Average (SD)	Significance
Enamel lesions	Test	104	0	10	0.57 (1.45)	p < 0.001
	Control	111	0	14	1.85 (3.00)	
Dentin lesions	Test	104	0	2	0.06 (0.27)	p < 0.001
	Control	111	0	8	0.49 (1.25)	

**Figure 1.** Distribution of enamel lesions in the test and control group**Abbildung 1.** Verteilung der Schmelzläsionen in der Test- und Kontrollgruppe

### Control group

The radiographic data of 111 individuals, also aged between 15 and 16.25, were selected randomly from the databank from the latest series (2009) of the routine examination of children from 16 communities in the Canton of Zürich which have taken place at 4-year intervals since the 1960s [20, 34]. 45 (40.5%) females and 66 (59.5%) males with an average age of 15.50 ( $SD \pm 0.31$ ) years were included. These participants had never undergone orthodontic treatment. Their data are representative for all Swiss adolescents at this age.

### Radiographic scoring

The approximal surfaces of the permanent premolars and molars of all children in the test and control groups were assessed as follows:

- no radiolucency = healthy,
- radiolucency in the outer half of the enamel = D1,
- radiolucency in the inner half of the enamel = D2,
- radiolucency in the dentin = D3, and
- radiolucency in the dentin at the margin of a filled approximal surface = D4.

The investigator who scored the control group's radiographs, and G.M., who analyzed the test group, are both calibrated and experienced in the field of dental epidemiology. The measurements' reliability was assessed using kappa ( $\kappa$ ) statistics. Reliability was good ( $\kappa$ -values between 0.73 and 0.90). Inter-examiner agreement proved to be very good ( $\kappa = 0.82$ ).

Das durchschnittliche Alter zu Beginn der aktiven Behandlung (zur Zeit des Bondings) war 13,53 Jahre ( $SD \pm 0,73$ ), bei Beendigung 15,55 Jahre ( $SD \pm 0,39$ ). Bei 69 Patienten (66,3%) wurde eine Behandlung ohne Extraktionen durchgeführt, bei 35 Patienten (33,7%) wurden vier Prämolaren aus kieferorthopädischen Gründen extrahiert.

Alle Röntgenbilder der Patienten der Testgruppe wurden zwischen den Jahren 2002 und 2010 unter standardisierten Bedingungen mit einem Kwik-Bite-Filmhalter (Indusbello, Londrina, Brasilien), einem Film-Quelle Abstand von 33.3 cm und Kodak INSIGHT Filmen (Speed F, 30,5×40,5 mm, Carestream Health, Rochester, NY) angefertigt. Diese konventionellen Röntgenbilder wurden vom Zweitautor (G.M.) analysiert.

### Kontrollgruppe

Die radiologischen Daten von 111 Jugendlichen, ebenfalls zwischen 15 und 16,25 Jahren alt, wurden per Zufall aus einer bestehenden Datenbank ausgewählt. Diese Datenbank stammt von der letzten Durchführung (2009) der regulären Untersuchung an Kindern aus 16 Gemeinden des Kantons Zürich, die seit den 1960er-Jahren alle vier Jahre stattfindet [20][34]. 45 (40,5%) weibliche und 66 (59,5%) männliche Probanden mit einem Durchschnittsalter von 15,50 ( $SD \pm 0,31$ ) wurden einbezogen. Diese waren nicht kieferorthopädisch behandelt worden. Diese Daten sind repräsentativ für alle Schweizer Jugendlichen dieses Alters.

**Table 2.** Approximal carious lesions within the test and control group**Tabelle 2.** Prävalenz von approximalen kariösen Läsionen in der Test- und Kontrollgruppe

	n	Participants with enamel lesions (%)	Participants with dentin lesions (%)
Test	104	26.9	4.8
Control	111	45.0	22.5

### Statistical analysis

Descriptive statistical analysis of the data was done with SPSS Software (IBM SPSS, Amarak, NY, USA). Mean, minimum, and maximum values per participant were calculated for the caries indices D12 (enamel lesions) and D34 (dentin lesions). Distributions of enamel and dentin lesions were analyzed. The Mann-Whitney U test was used to determine any significant differences between the groups.

### Results

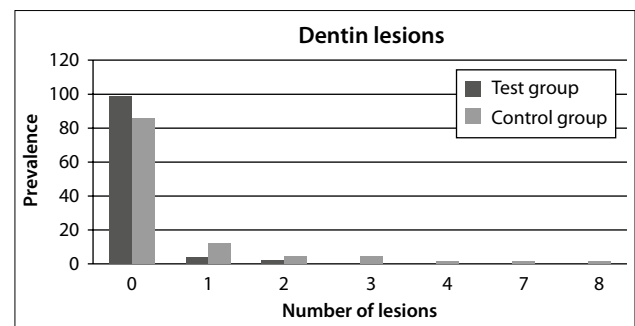
Average active multibracket treatment time in the test group was 2.02 years ( $SD \pm 0.71$ ). The average number of enamel lesions in the test group undergoing orthodontic treatment was lower than in the control group (0.57 vs. 1.85,  $p < 0.001$ ). The same held true for dentin lesions (0.06 vs. 0.49,  $p < 0.001$ ) (Table 1). The lesions were similarly distributed in both groups (Table 2, Figure 1, Figure 2).

### Discussion

As there is no direct view onto approximal surfaces, approximal lesions are often overlooked during clinical examination. Thus radiographs, fiber-optic transillumination (FOTI), tooth separation, and most recently, laser fluorescence devices (e.g., Diagnodent®) are used in addition to visual and tactile examination. It is generally accepted in the literature that radiographs identify more approximal lesions than FOTI [24, 35]. A review [17] showed that around 50% of approximal carious lesions on molars and premolars were detected only on bitewing radiographs. A more recent study [19] found that even with meticulous clinical examination, 24–26% of enamel lesions and 38–44% of dentin lesions were only detected radiologically.

Pontual et al. [25] reported no significant difference in the diagnostic accuracy of conventional (Insight film) and digital (Digora) radiographs for approximal caries. Two studies [7][8] comparing different techniques for caries diagnosis concluded that bitewing radiographs presented good reproducibility under epidemiological conditions and that they offer the best adjunct diagnostic technology for epidemiological dental caries surveys.

Orthodontic treatment in Switzerland is sought more often by affluent people [32]. However, those with lower incomes are given a discount at the Postgraduate Clinic in the Department of

**Figure 2.** Distribution of dentin lesions in the test and control group**Abbildung 2.** Verteilung der Dentinläsionen in der Test- und Kontrollgruppe

### Radiologische Beurteilung

Die approximalen Oberflächen der permanenten Prämolaren und Molaren aller Kinder der Test- und Kontrollgruppe wurden folgendermaßen beurteilt:

- Keine Aufhellung = Gesund
- Aufhellung in der äußeren Hälfte des Schmelzes = D1
- Aufhellung in der inneren Hälfte des Schmelzes = D2
- Aufhellung im Dentin = D3
- Aufhellung im Dentin am Rande einer gefüllten, approximalen Oberfläche = D4

Der Untersucher, der die Kontrollgruppe untersucht hatte, und G.M., der die Testgruppe untersucht hatte, sind beide sehr erfahren in der oralen Epidemiologie und kalibriert. Die Zuverlässigkeit der Untersuchungen wurde mit Hilfe der  $\kappa$ -Statistiken geprüft. Die Zuverlässigkeit war gut ( $\kappa$ -Werte 0,73–0,90). Die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern erwies sich als sehr hoch ( $\kappa$ -Wert 0,82)

### Statistik

Die deskriptive Datenanalyse wurde mit Hilfe der SPSS (Statistical Software for the Social Sciences)-Software (IBM SPSS, Amarak, NY) durchgeführt. Mittelwerte, minimale und maximale Werte pro Proband für die Kariesindizes D12 (Schmelzläsionen) und D34 (Dentinläsionen) wurden berechnet. Die Verteilung von Schmelz- und Dentinläsionen wurde analysiert. Mit dem Mann-Whitney-U-Test wurde bestimmt, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bestand.

### Resultate

Die durchschnittliche aktive Behandlungsdauer der Multibracketsapparatur in der Testgruppe war 2,02 Jahre ( $SD \pm 0,71$ ). Die durchschnittliche Zahl der Schmelzläsionen in der Testgruppe nach kieferorthopädischer Behandlung war signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe (0,57 vs. 1,85  $p < 0,001$ ). Die gleichen Resultate wurden auch bei den Dentinläsionen gefunden (0,06 vs. 0,49,  $p < 0,001$ ; Tabelle 1). Die Verteilung der Läsionen war in beiden Gruppen vergleichbar (Tabelle 2, Abbildung 1, Abbildung 2).

Orthodontics, University of Zürich, Switzerland. Because of this, patients both from the city and the entire Zürich canton seek orthodontic therapy at the Postgraduate Clinic of the University. Thus these patients are more heterogeneous than in a Swiss private practice. This is why the socioeconomic status of our test and control groups was so similar.

As the test group patients and control group subjects live in the same area with the same school system, both groups' participants were matched concerning education. Furthermore, both groups had equal fluoride exposure. According to the latest findings of oral hygiene in the Canton of Zürich [34] 96% of the children use fluoride toothpastes and 81% consume fluoridated salt (250 ppm F) at home. Around half of the children additionally use a fluoride gel and/or a fluoride mouthwash at home.

In Switzerland, the incidence of caries in schoolchildren in general has declined dramatically, as evident in the caries reported on the approximal surfaces of permanent molars and premolars of 14 year olds. In 1964, there were 7.2 approximal carious lesions per child, while in 2009, this rate had fallen to only 1.44 lesions [34]. With their average of 1.85 enamel lesions per participant, our control group's results concur with those findings (Table 1). Having detected even fewer approximal carious lesions in the test group represents an enormous benefit, since approximal fillings in the posterior teeth have a limited lifespan [31] and may promote attachment loss [4].

Demineralization of enamel on buccal surfaces surrounding orthodontic brackets is a significant clinical problem during and after orthodontic treatment. In terms of the risk–benefit balance of orthodontic treatment, it is a major element of risk for patients [10, 23]. Whereas we investigated approximal caries in this study, a recently published randomized controlled trial [33] reported on white spot lesion formation around brackets on buccal tooth surfaces. They demonstrated that regular topical fluoride varnish applications reduced the incidence of white spots three-fold (25.3% of participants in the placebo group had white spots vs. only 7.4% in the fluoride varnish group). Fluoride varnish, ideally Duraphat® (Colgate Oral Pharmaceuticals Subsidiary of Colgate–Palmolive Company, New York, NY, USA) containing 22,600 ppm fluoride, should therefore be used as a professional, routine preventive measure in orthodontic practice. The caries protective effect of highly concentrated fluoride varnishes has been acknowledged during orthodontic treatment [29]. There is evidence that orthodontists rarely apply fluoride varnish regularly [16]. Another study [2], however, reported that the insertion of fixed orthodontic appliances favored oral fluoride retention, also at approximal sites. The semi-annual application of fluoride varnish can greatly diminish the development of approximal caries [22]. Thus, it can be speculated that regular fluoride varnish application would have further reduced the already low prevalence of approximal caries that our test group demonstrated.

The lower incidence of approximal caries in the test group can only partly be attributed to an effect of diastema after tooth extractions. Indeed, no teeth were extracted in 69 test group patients (66.3%), while four premolars were extracted in 35 pa-

## Diskussion

An Approximalflächen bestehen durch den fehlenden direkten Zugang nur eingeschränkte klinische Diagnosemöglichkeiten. Darum werden als Ergänzung zur visuellen und taktilen Untersuchung zusätzliche Hilfsmittel, wie Röntgenbilder, Fiberoptiktransillumination (FOTI), Separieren der Zähne und neuestens Laserfluoreszenzmessungen (z. B. Diagnodent®), eingesetzt. In der Literatur ist man sich generell einig, dass Röntgenbilder mehr proximale Läsionen detektieren können als FOTI [24, 35]. Ein Review [17] hat gezeigt, dass etwa 50% der approximalen Läsionen an Molaren und Prämolaren nur auf Bitewing-Röntgenbildern detektiert werden konnten. Eine neuere Studie [19] hat ergeben, dass trotz einer akribischen, klinischen Untersuchung 24–26% der Schmelzläsionen und 38–44% der Dentinläsionen nur durch Röntgenbilder gefunden werden konnten.

Pontual et al. [25] haben postuliert, dass es keinen signifikanten Unterschied in der diagnostischen Genauigkeit der Approximalkaries zwischen konventionellen (Insight-Filme) und digitalen (Digora) Röntgenbildern gibt. Zwei Studien [7][8] zum Vergleich verschiedener Kariesdiagnostika kamen zum Schluss, dass Bitewing-Röntgenbilder eine gute Reproduzierbarkeit bei epidemiologischen Untersuchungen aufweisen und als wichtigstes, ergänzendes Diagnostikum in epidemiologischen Kariesuntersuchungen gelten.

In der Schweiz wird eine kieferorthopädische Behandlung vermehrt von wohlhabenderen Bevölkerungsgruppen in Anspruch genommen [32]. Eltern mit einem niedrigeren Einkommen wird an der Weiterbildungsklinik der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Zürich ein Rabatt gewährt. Aufgrund dieses Rabattsystems finden sich nicht nur Patienten aus der Stadt Zürich, sondern aus dem gesamten Kanton Zürich in der Weiterbildungsklinik der Universität ein. Daher stellen diese Patienten eine heterogenere Gruppe als die Patienten einer typischen Schweizer Privatpraxis dar. Aus diesem Grund war das sozioökonomische Umfeld der Test- und der Kontrollgruppe sehr ähnlich.

Da die Patienten der Testgruppe und die Probanden der Kontrollgruppe in demselben Gebiet mit dem gleichen Schulsystem leben, sind sie betreffend ihrer Bildung vergleichbar.

Des Weiteren hatten beide Gruppen eine gleich hohe Fluoridexposition. Gemäß den neusten Untersuchungsergebnissen betreffend der Mundhygiene im Kanton Zürich [34], verwenden 96% der Kinder fluoridierte Zahnpasten und 81% konsumieren zu Hause fluoridiertes Salz (250 ppm). Zusätzlich benutzen etwa die Hälfte aller Kinder ein Fluoridgel und/oder eine fluoridierte Mundspüllösung.

Anhand des Kariesbefalls an approximalen Flächen von Molaren und Prämolaren bei 14-Jährigen ist ersichtlich, dass der Kariesrückgang bei Schulkindern in der Schweiz generell ein hohes Niveau erreicht hat. Im Jahr 1964 wurden durchschnittlich 7,2 proximale Schmelzläsionen pro Kind gefunden, im Jahr 2009 fiel diese Zahl auf nur 1,44 [34]. Mit durchschnittlich 1,85 Schmelzläsionen pro Proband stimmen die Resultate unse-

tients (33.7%). Thus, the test group had 140 teeth or 280 approximal surfaces fewer than the control group. This can, however, not fully explain the results. Obviously, the orthodontic treatment of our study group did not lead to more approximal carious lesions than in the control group.

Patients undergoing fixed orthodontic treatment are examined regularly by their orthodontists. Hence information and monitoring of their oral hygiene is ensured. The professional cleaning that the orthodontists or dental hygienist carry out during these appointments is not only important for preventing white spot lesions, it may also play a role in preventing approximal carious lesions. Another possible explanation for our results is that orthodontic patients are well aware of dental hygiene in general and caries in particular. Normally patients with high caries activity or bad oral hygiene are excluded from orthodontic treatment until they are able to practice good oral hygiene over the long term.

A Swedish working group reported that orthodontic treatment increased the frequency of radiography significantly [9]. Another study by Hujoel et al. [15] assessed the typical total diagnostic radiation exposure associated with orthodontic therapy at the University of Washington. An average of 6.7 (SD 4.8) bitewing radiographs were made during each orthodontic treatment. In light of the low caries prevalence after orthodontic treatment observed in our study, this appears to be unnecessarily excessive radiation exposure. Whether bitewing radiographs at the end of fixed multibracket treatment are really indispensable is open to debate, as 73.1% of our orthodontic patients had no enamel lesions and 95.2% had no dentin lesions (Table 2). Of course, legal and forensic considerations have to be taken into account.

For ethical reasons, especially in light of the radiation exposure, a prospective study could not be carried out. No new radiographs had to be taken for this retrospective study. This study excels by including an age-matched, untreated control group recruited from the same area and sharing a very similar socioeconomic status. As there were very few carious lesions after treatment, the authors assumed that pretreatment bitewing radiographs would not have revealed any additional information. The pretreatment radiographs we had available had been taken at various ages of the orthodontic patients (from 9–14 years) and were, thus, not comparable.

This is a retrospective, cross-sectional study and therefore, our results should be considered with certain reservations. These studies should, however, not be taken as a proof of a causal relationship, but to describe an actual situation and to generate new hypotheses [12]. Earlier anecdotal reports of the development or progression of approximal caries due to fixed multibracket therapy are not supported by our retrospective study's results.

## Conclusion

In this retrospective cross-sectional study using bitewing radiographs, fewer enamel and dentin lesions were detected in the

rer Kontrollgruppe mit diesen Daten überein (Tabelle 1). Dass man in der Testgruppe sogar weniger proximale kariöse Läsionen fand, stellt einen enormen Vorteil dar, da proximale Füllungen speziell an posterioren Zähnen eine begrenzte Lebensdauer aufweisen [31] und zu Attachmentverlust führen können [4].

Schmelzdemineralisationen auf Bukkalflächen um kieferorthopädische Brackets stellen ein erhebliches klinisches Problem während und nach einer kieferorthopädischen Behandlung dar. Bei der Abwägung von Nutzen und Risiken einer kieferorthopädischen Behandlung sind diese ein Hauptrisiko für den Patienten [10, 23]. Während sich die vorliegende Studie mit approximaler Karies auseinandersetzt, hat eine 2007 veröffentlichte randomisierte, kontrollierte Studie [33] über die Bildung von bukkalen White-Spot-Läsionen um Brackets berichtet. Die Autoren konnten zeigen, dass die regelmäßige Applikation eines lokalen Fluoridlacks die Inzidenz von White-Spot-Läsionen um den Faktor 3 senken kann (25,3% bei Probanden der Placebogruppe vs. 7,4% in der Fluoridlackgruppe). Fluoridlack, idealerweise Duraphat® (Colgate Oral Pharmaceuticals Subsidiary of Colgate-Palmolive, New York, NY, USA) mit 22.600 ppm Fluorid sollte folglich routinemäßig in der kieferorthopädischen Praxis als professionelle Präventionsmaßnahme eingesetzt werden. Der kariesprotektive Effekt von hochkonzentriertem Fluoridlack konnte belegt werden [29]. Die regelmäßige Fluoridlackapplikation wird aber von Kieferorthopäden selten durchgeführt [16]. Eine andere Studie [2] hat gezeigt, dass festsitzende kieferorthopädische Apparaturen die Fluoridretention in der Mundhöhle, auch an approximalen Stellen, fördert. Eine halbjährliche Fluoridlackapplikation kann die Entstehung approximaler Karies in hohem Maß verhindern [22]. So kann spekuliert werden, dass eine regelmäßige Fluoridlackapplikation die bereits niedrige Prävalenz approximaler Läsionen in der Testgruppe noch hätte senken können.

Die niedrigere Inzidenz approximaler kariöser Läsionen kann nur teilweise durch die Lückenbildung nach Zahnextraktionen erklärt werden. In der Tat wurden 69 Patienten (66,3%) der Testgruppe ohne Extraktionen behandelt und bei 35 Patienten (33,7%) wurden vier Prämolaren extrahiert. Somit hatte die Testgruppe 140 Zähne oder 280 Approximalflächen weniger als die Kontrollgruppe. Dies kann die Resultate aber keineswegs erklären. Es ist offensichtlich, dass die durchgeführte kieferorthopädische Behandlung der Testgruppe nicht zu mehr approximalen kariösen Läsionen als in der Kontrollgruppe geführt hat.

Patienten mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung werden in regelmäßigen Abständen von ihrem Kieferorthopäden untersucht. So werden die Patienten bezüglich ihrer Mundhygiene informiert und überwacht. Die professionelle Zahnreinigung durch den Kieferorthopäden oder die Dentalhygienikerin spielen nicht nur eine wichtige Rolle bei der Prävention von White-Spot-Läsionen, sondern könnten auch proximale kariöse Läsionen verhindern. Eine andere mögliche Erklärung für die gefundenen Resultate könnte die Tatsache sein, dass kieferorthopädische Patienten gute Kenntnisse bezüglich der Mundhygiene generell und der Karies im Besonde-

test group after fixed multibracket treatment than in the age-matched control group without orthodontic treatment.

### Conflict of interest

On behalf of all authors, the corresponding author states that there are no conflicts of interest

### References

1. Atack NE, Sandy JR, Addy M (1996) Periodontal and microbiological changes associated with the placement of orthodontic appliances. A review. *J Periodontol* 67:78–85
2. Baeshen H, Kjellberg H, Birkhed D (2010) Oral fluoride retention in orthodontic patients with and without fixed appliances after using different fluoridated home-care products. *Acta Odontol Scand* 68:185–192
3. Boersma JG, Veen MH van der, Lagerweij MD et al (2005) Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res* 39:41–47
4. Broadbent JM, Williams KB, Thomson WM et al (2006) Dental restorations: a risk factor for periodontal attachment loss? *J Clin Periodontol* 33:803–810
5. Chang HS, Walsh LJ, Freer TJ (1999) The effect of orthodontic treatment on salivary flow, pH, buffer capacity, and levels of mutans streptococci and lactobacilli. *Aust Orthod J* 15:229–234
6. Clerehugh V, Williams P, Shaw WC et al (1998) A practice-based randomised controlled trial of the efficacy of an electric and a manual toothbrush on gingival health in patients with fixed orthodontic appliances. *J Dent* 26:633–639
7. da Silva RP, Assaf AV, Pereira SM et al (2011) Reproducibility of adjunct techniques for diagnosis of dental caries in an epidemiological situation. *Oral Health Prev Dent* 9:251–259
8. da Silva RP, Assaf AV, Pereira SM et al (2011) Validity of caries-detection methods under epidemiological setting. *Am J Dent* 24:363–366
9. Falk Kieri C, Twetman S, Stecksén-Blicks C (2009) Use of radiography in public dental care for children and adolescents in northern Sweden. *Swed Dent J* 33:141–148
10. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ (1982) Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod* 81:93–98
11. Heasman PA, MacGregor ID, Wilson Z et al (1998) Toothbrushing forces in children with fixed orthodontic appliances. *Br J Orthod* 25:187–190
12. Held U (2010) Study designs and how to use them properly [Article in German]. *Swiss Medical Forum* 41:712–714
13. Hickman J, Millett DT, Sander L et al (2002) Powered vs manual tooth brushing in fixed appliance patients: a short term randomized clinical trial. *Angle Orthod* 72:135–140
14. Hollender L, Ronnerman A (1978) Proximal caries progression in connection with orthodontic treatment. *Swed Dent J* 2:153–160
15. Hujoel P, Hollender L, Bollen AM et al (2006) Radiographs associated with one episode of orthodontic therapy. *J Dent Educ* 70:1061–1065
16. Kerbusch AE, Kuijpers-Jagtman AM, Mulder J et al (2012) Methods used for prevention of white spot lesion development during orthodontic treatment with fixed appliances. *Acta Odontol Scand* (Early Online)
17. Kidd EA, Pitts NB (1990) A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. *Br Dent J* 169:195–200
18. Liu J, Bian Z, Fan M et al (2004) Typing of mutans streptococci by arbitrarily primed PCR in patients undergoing orthodontic treatment. *Caries Res* 38:523–529
19. Machiulskiene V, Nyvad B, Baelum V (2004) Comparison of diagnostic yields of clinical and radiographic caries examinations in children of different age. *Eur J Paediatr Dent* 5:157–162

ren haben. Patienten mit einer hohen Kariesaktivität oder schlechter Mundhygiene werden normalerweise von einer kieferorthopädischen Behandlung ausgeschlossen, bis die Situation hinsichtlich der Mundhygiene und Karies über einen längeren Zeitraum unter Kontrolle war.

Eine schwedische Arbeitsgruppe [9] hat belegt, dass eine kieferorthopädische Behandlung die Frequenz von Röntgenbildern signifikant steigert. Eine Studie von Hujoel et al. [15] hat die gesamte Röntgenexposition, die mit der kieferorthopädischen Therapie typischerweise einhergeht, untersucht. Durchschnittlich wurden während der Behandlung 6,7 (SD 4,8) Bitewing-Röntgenbilder angefertigt. Angesichts der niedrigen Kariesprävalenz, die in der vorliegenden Studie nach der kieferorthopädischen Behandlung gefunden wurde, scheint dies eine unnötig hohe Strahlenbelastung zu sein. Ob Bitewing-Röntgenbilder nach Abschluss der festsitzenden Kieferorthopädie wirklich unabdingbar sind, kann diskutiert werden, da 73,1% der kieferorthopädisch behandelten Patienten keine Schmelzläsionen und 95,2% keine Dentinläsionen aufwiesen (Tabelle 2). Natürlich müssen dabei auch juristische und forensische Überlegungen berücksichtigt werden.

Aus ethischen Gründen, speziell aufgrund des Strahlenschutzes, war es nicht möglich, eine prospektive Studie durchzuführen. Für diese retrospektive Studie mussten keine neuen Röntgenbilder angefertigt werden. Diese Studie zeichnet sich durch eine gleichaltrige, unbehandelte Kontrollgruppe aus dem gleichen Gebiet mit sehr ähnlichen sozioökonomischen Verhältnissen aus.

Da es nach der Behandlung sehr wenige kariöse Läsionen gab, waren die Autoren der Ansicht, dass die Bitewing-Röntgenbilder vor der Behandlung keine zusätzlichen Informationen generiert hätten. Diese Röntgenbilder vor der Behandlung waren nicht vergleichbar, da diese an unterschiedlichen Zeitpunkten (zwischen 9 und 14 Jahren) angefertigt wurden.

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie. Querschnittsstudien werden in der epidemiologischen Forschung häufig verwendet. Sie sollten jedoch nicht zum Nachweis einer Kausalbeziehung verwendet werden, sondern eher deskriptiv zur Beschreibung des Ist-Zustands oder zur Generierung neuer Hypothesen [12]. Frühere anekdotische Berichte über Entstehung oder Fortschreiten approximaler Karies durch die Behandlung mit festsitzenden Multibrackets-Apparaturen können durch die Resultate dieser retrospektiven Querschnittsstudie nicht untermauert werden.

### Schlussfolgerungen

In dieser retrospektiven Querschnittsstudie mittels Bitewing-Röntgenbildern wurden in der Testgruppe nach Behandlung mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen weniger proximale kariöse Läsionen als in der gleichaltrigen Kontrollgruppe ohne Kieferorthopädie gefunden.

### Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.



20. Marthaler TM, Steiner M, Menghini G et al (1994) Caries prevalence in Switzerland. *Int Dent J* 44:393–401
21. Mitchell L (1992) Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances—an overview. *Br J Orthod* 19:199–205
22. Moberg Skold U, Petersson LG, Lith A et al (2005) Effect of school-based fluoride varnish programmes on approximal caries in adolescents from different caries risk areas. *Caries Res* 39:273–279
23. Ogaard B, Rolla G, Arends J (1988) Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 94:68–73
24. Peers A, Hill FJ, Mitropoulos CM et al (1993) Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiology for the diagnosis of small approximal carious lesions: an in vitro study. *Caries Res* 27:307–311
25. Pontual AA, Melo DP de, Almeida SM de et al (2010) Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* 39:431–436
26. Sandham HJ, Nadeau L, Phillips HI (1992) The effect of chlorhexidine varnish treatment on salivary mutans streptococcal levels in child orthodontic patients. *J Dent Res* 71:32–35
27. Schatzle M, Imfeld T, Sener B et al (2009) In vitro tooth cleaning efficacy of manual toothbrushes around brackets. *Eur J Orthod* 31:103–107
28. Schatzle M, Sener B, Schmidlin PR et al (2010) In vitro tooth cleaning efficacy of electric toothbrushes around brackets. *Eur J Orthod* 32:481–489
29. Shafi I (2008) Fluoride varnish reduces white spot lesions during orthodontic treatment. *Evid Based Dent* 9:81
30. Shannon IL, Miller JT (1972) Caries risk in teeth with orthodontic bands: a review. *J Acad Gen Dent* 20:24–28
31. Sjogren P, Halling A (2002) Survival time of Class II molar restorations in relation to patient and dental health insurance costs for treatment. *Swed Dent J* 26:59–66
32. Stadelmann P, Zemp E, Weiss C et al (2012) Dental visits, oral hygiene behaviour, and orthodontic treatment in Switzerland. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 122:104–111
33. Stecksén-Blicks C, Renfors G, Oscarson ND et al (2007) Caries-preventive effectiveness of a fluoride varnish: a randomized controlled trial in adolescents with fixed orthodontic appliances. *Caries Res* 41:455–459
34. Steiner M, Menghini G, Marthaler TM et al (2010) Changes in dental caries in Zürich school-children over a period of 45 years. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 120:1084–1104
35. Stephen KW, Russell JL, Creanor SL et al (1987) Comparison of fibre optic transillumination with clinical and radiographic caries diagnosis. *Community Dent Oral Epidemiol* 15:90–94
36. Thienpont V, Dermaut LR, Van Maele G (2001) Comparative study of 2 electric and 2 manual toothbrushes in patients with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120:353–360
37. Turkkahraman H, Sayin MO, Bozkurt FY et al (2005) Archwire ligation techniques, microbial colonization, and periodontal status in orthodontically treated patients. *Angle Orthod* 75:231–236
38. Zachrisson BU (1976) Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 69:285–300
39. Zachrisson BU, Zachrisson S (1971) Caries incidence and orthodontic treatment with fixed appliances. *Scand J Dent Res* 79:183–192

## Correspondence address

Dr. Stefan Baumgartner  
Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry  
University of Zürich  
Plattenstr. 11  
8032 Zürich, Switzerland  
stefan.baumgartner@zzm.uzh.ch